

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08186322
PUBLICATION DATE : 16-07-96

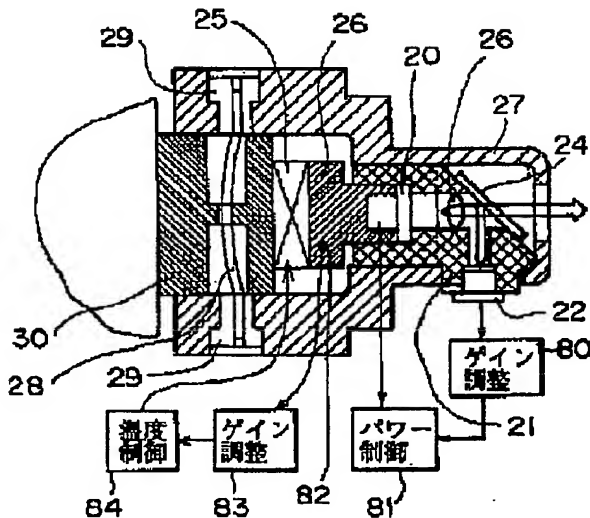
APPLICATION DATE : 29-12-94
APPLICATION NUMBER : 06338687

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : SAITO YOSHIMASA;

INT.CL. : H01S 3/133 G02F 1/37 H01S 3/043
H01S 3/094 H01S 3/109

TITLE : LASER APPARATUS



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a laser apparatus by which the temperature rise of a laser diode is suppressed and which can effectively prevent the power and the wavelength of output light from the laser diode from being changed.

CONSTITUTION: A PD 22 is installed, and, by using its detection signal, the power of an LD 20 is controlled. A part of a laser beam from the LD 20 is reflected by a beam splitter 24 so as to be guided to the PD 22. Reflected light from an objective lens does not reach the PD 22, and the PD 22 receives only a part of the laser beam emitted from the LD 20. The LD 20 is brought close to a cooling plate 26 for the LD and to an LD holder 21. The low-temperature side of a Peltier cooler 25 is brought close to the cooling plate 26 for the LD, and the high-temperature side is brought close to a heat-conducting plate 30 for the LD. A metal LD holder 21 and the cooling plate 26 for the LD are fitted and brought close to each other, and both are thermally integrated so as to become a nearly uniform temperature.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the laser equipment which the laser light which the laser medium concerned which irradiated laser light at the laser medium and was excited from the laser diode which emits the laser light for excitation emits, or its higher harmonic is resonated, and takes it out to the exterior.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is long lasting, conversion efficiency is high, and the laser equipment to which excite a laser crystal with laser diode (LD), and laser oscillation is made to perform has small, a light weight, and the features that stability of operation is also good. Moreover, if the higher harmonic of a fundamental wave is generated combining this laser equipment and a harmonic generation component, it is also known that a blue or green laser light will be obtained. This laser equipment is indicated by JP,2-146784,A and JP,6-69567,A.

[0003] Drawing 17 is the principle Fig. having shown the outline configuration of the above-mentioned laser equipment. This equipment mainly consists of LD200 for excitation, a lens 202, the laser crystal 204 that is a laser medium, a harmonic generation component 208, and an output mirror 210. The mirror which reflects the light of predetermined wavelength with a high reflection factor is formed in the front face by the side of the lens 202 of the laser crystal 204. [0004] In drawing 17, LD200 shall oscillate the laser light of the absorption wavelength region of the laser crystal 204. It converges this laser light on the front face of the laser crystal 204 with a lens 202. The laser crystal 204 is excited in response to laser light, and oscillates the laser light of predetermined wavelength. as for this oscillation laser light's passage of the KTP crystal which is a harmonic generation component, wavelength generates the second harmonic (or wavelength — the third harmonic of $1/3$) of $1/2$. It is reflected by the output mirror 210 and this higher harmonic is further reflected by the mirror 206. That is, the space between a mirror 206 and the output mirror 210 acts as a resonator, and a higher harmonic resonates by carrying out during this period in round trip [what], and serves as high energy. This laser light is taken out from the output mirror 210 outside.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, if LD supplies a current and makes laser emit light, it will generate heat, and power and wavelength change under the effect. Moreover, the temperature rise by superfluous generation of heat causes destruction. If the power and wavelength of laser light which LD emits change, even if it is not excited proper, but it cannot emit laser light or the laser crystal excited by this laser light will emit laser light, the power and wavelength of that output laser light become unstable.

[0006] This invention is made based on the above-mentioned situation, suppresses the temperature rise of laser diode, and aims at offering the laser equipment which can prevent effectively the power of the output light of laser diode, and fluctuation of wavelength.

[0007]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 for solving the aforementioned technical problem In the laser equipment which the laser light which the laser medium concerned

which irradiated laser light at the laser medium and was excited from the laser diode which emits the laser light for excitation emits, or its higher harmonic is resonated, and takes it out to the exterior A photodetection means to detect the output of the laser light which said laser diode emits, It is characterized by providing the optical means which leads a part of laser light which said laser diode emits to said photodetection means, and the laser diode control means which controls the current which supplies said laser diode based on the detecting signal from said photodetection means.

[0008] Invention according to claim 2 is characterized by including the half mirror which reflects a part of laser light in an abbreviation right angle in said optical means in invention according to claim 1.

[0009] A maintenance means by which, as for invention according to claim 3, both hold said laser diode and said photodetection means in invention according to claim 1 or 2 so that it may be thermally united, A cooling means to absorb heat from said maintenance means and to radiate heat to the exterior by supplying a current, It is characterized by providing a temperature detection means to detect the temperature of said maintenance means, and the cooling control means which controls the supply current to said cooling means based on the detecting signal from said temperature detection means.

[0010]

[Function] Laser [emit / since supply current will be increased if supply current will be reduced if output light becomes strong, since the current which laser diode has the output light detected / invention / according to claim 1 / by the aforementioned configuration, and is supplied based on the signal is controlled, an output is lowered and output light becomes weak, and an output is heightened / laser diode] light is always maintained at the output of abbreviation regularity.

[0011] It can prevent that the reflected light of the laser light which penetrated the half mirror by considering as the configuration which leads a part of laser light which laser diode emitted to a photodetection means with a half mirror by the aforementioned configuration mixes invention according to claim 2 to a photodetection means. Therefore, control of the supply current to the laser diode using a photodetection means is made in a high precision.

[0012] By the aforementioned configuration, laser diode can prevent becoming an elevated temperature by cooling with a cooling means, although it generates heat by the operating state, and invention according to claim 3 can suppress the output of laser light, and fluctuation of wavelength. And since the supply current to this cooling means is also controlled, temperature can be kept constant in a higher precision.

[0013]

[Example] Below, one example of this invention is explained with reference to a drawing. the part which shows the whole laser equipment configuration which drawing 1 requires for this invention — the part which a notching perspective view and drawing 2 expanded the excitation section of drawing 1 , and was shown — a notching perspective view and drawing 3 expanded and showed the resonance section 12 of drawing 1 — it is a notching perspective view a part. First, along with drawing 1 , the overall configuration of laser equipment 10 is explained briefly. If the laser equipment 10 shown in drawing 1 is roughly divided, it will consist of the excitation section 11 and the resonance section 12. The excitation section 11 and the resonance section 12 complete laser equipment 10 by becoming independent, respectively, an assembly being possible, inserting the resonance section 12 in the heat dissipation shell of the excitation section 11 in accordance with an optical axis in a final process, and fixing to a predetermined location.

[0014] the laser diode (LD) with which the excitation section 11 shown in drawing 1 and drawing 2 mainly generates the laser light for excitation — 20 — The LD electrode holder 21 holding this LD20, and the photodetector 22 which detects the laser light from LD20, The collimate lens 23 which changes the laser light from LD20 into parallel light, The beam splitter 24 which leads the part to a photodetector 22 while making the laser light which passed the collimate lens 23 penetrate, The Peltier cooler 25 which cools LD20, and the cooling plate 26 for LD which leads the heat of LD20 to the cooling surface of the Peltier cooler 25 for LD, The ceramic subbase 27 which specifies mutual physical relationship while holding the LD electrode holder 21, a

photodetector 22, a collimate lens 23, and a beam splitter 24, The cylindrical spring 28 which pushes the Peltier cooler 25 for LD against the cooling plate 26 for LD uniformly, The coma 29 for maintenance which fixes the cylindrical spring 28 to the ceramic subbase 27 by the upper and lower sides, While being the heat-conduction plate 30 for LD which conducts the heat from the cooling surface of the Peltier cooler 25 for LD to the heat dissipation shell 31, and the case which contains these whole inside, it consists of heat dissipation shell 31 to which the role which radiates heat also achieves the heat from the Peltier cooler 25 for LD.

[0015] The objective lens 40 with which the resonance section 12 shown in drawing 1 and drawing 3 converges the laser light from LD20 on the front face of a laser crystal, The object lens holder 41 holding this objective lens 40, and the objective lens adjusting cam 42 which performs justification in the direction of an optical axis of this object lens holder 41, The laser crystal 43 which will be excited if the laser light from an objective lens is received, and oscillates the laser light of predetermined wavelength, The harmonic generation component 44 which generates the higher harmonic of the laser light which the laser crystal 43 emits, The output mirror 45 reflected into the resonance section 12 while discharging a part of laser light to the exterior, The output mirror electrode holder 46 holding this output mirror 45, and the mirror pitching adjustment cam follower 47 of the two upper and lower sides which adjust the inclination of pitching of the output mirror 45, The mirror yawing adjustment cam follower 48 of a Yuji Hidari book which adjusts the inclination of yawing of the output mirror 45, The mirror pitching adjusting cam 49 which contacts the up-and-down mirror pitching adjustment cam follower 47 in cam side 49a, The mirror yawing adjusting cam 50 which contacts the mirror yawing adjustment cam follower 48 on either side in cam side 50a, While specifying the resonance length from the laser crystal 43 to the output mirror 45 as the infrared filter 51 which prevents transparency of infrared light among the light outputted from the output mirror 45, the ceramic base 52 of the shape of a cylinder which plays the various roles mentioned later is included.

[0016] YVO4 which used semiconductor laser with a wavelength of 809nm and doped well-known Nd as a laser crystal 43 as LD20 for excitation in this example It is used. Moreover, a well-known KTP crystal is used as a harmonic generation component 44. The mirror is formed in the front face by the side of the objective lens 40 of the laser crystal 43 of mirror plane coating processing. The laser crystal 43 excited by LD20 generates infrared light with a wavelength of 1064nm, and resonates by repeating reflection between the mirror of the laser crystal 43, and the output mirror 45. Since the reflection factor of both mirrors is highly set up to the wavelength of 1064nm, infrared light does not come outside but is shut up among both mirrors by high reinforcement. Therefore, the laser light generated as the laser crystal 43 is changed into the second harmonic which is efficient and has half wavelength by the harmonic generation component 44, and a visible output light with a wavelength of 532nm is obtained.

[0017] By the way, in order a second harmonic with a wavelength of 532nm is efficient and to occur, it will be required for the laser light of a 1064nm fundamental wave to go back and forth between the mirror of the laser crystal 43 and the output mirrors 45 repeatedly, and, for that purpose, it will be the requisite that the inclination of both mirrors fulfills predetermined conditions. The mirror of the laser crystal 43 is made into a flat surface in this example. On the other hand, while laser light progresses the interior of a resonator, even if the output mirror 45 spreads according to a diffraction operation, let it again be a concave spherical-surface mirror so that it may converge on the original beam diameter. Moreover, the laser crystal 43 is considered as immobilization and the inclination of the output mirror 45 makes it adjustable. Therefore, it becomes the important conditions for obtaining the laser light of high power to adjust the inclination of the output mirror 45 correctly.

[0018] Next, with reference to drawing 4 - drawing 6, the inclination adjustment device of the output mirror 45 is explained. Drawing 4 (a) here Drawing 1 and the output mirror electrode holder 46 of drawing 3, The perspective view and this drawing (b) having shown the mirror pitching adjustment cam follower 47 and the mirror yawing adjustment cam follower 48 which are prepared in this electrode holder It is the schematic diagram with which drawing and drawing 5 which show the relation between the optical axis specified corresponding to the output mirror

electrode holder 46 of drawing 1 and two shafts perpendicular to this looked at the outline horizontal sectional view of the resonance section 12, and drawing 6 looked at the part of the output mirror electrode holder 46 from the optical-axis front.

[0019] As shown in drawing 4 (a) and (b), let [the optical axis which passes along the output mirror 45] a x axis and the medial axis of the mirror yawing adjustment cam follower 48 be the y-axes for the z-axis and the medial axis of the mirror pitching adjustment cam follower 47. As shown in drawing 4 (b), at this example, the z-axis, a x axis and the z-axis, and the y-axis are a point O1 and a point O2, respectively. It sets and lies at right angles. A point O1 and point O2 It has shifted about 1-2mm, and, for this reason, a x axis and the y-axis are in the location of torsion, but when it sees from the z-axis, a x axis and the y-axis are in the physical relationship which intersects perpendicularly. However, it is a point O1 in this way. Point O2 Like the after-mentioned, having shifted is not because abbreviation independence is achieved and pitching and yawing can be adjusted [that the device of pitching adjustment and yawing adjustment can be simplified, and], even if such, and it is not concerned with the essence of this invention.

[0020] As shown in drawing 5 and drawing 6, four cam follower guide slots 61-64 are established in the perimeter of the ceramic base 52 at intervals of the include angle which is 90 degrees. Each cam follower guide slot consists of a slot with a major axis parallel to an optical axis. Among these, the mirror pitching adjustment cam follower 47 is inserted in the cam follower guide slots 61 and 63 on up-and-down, and the mirror yawing adjustment cam follower 48 is inserted in the cam follower guide slots 62 and 64 on on either side. Although the output mirror electrode holder 46 is restrained by this in the location whose medial axis of the output mirror 45 prepared in the center corresponds with an optical axis, each cam follower is made movable in the direction of an optical axis along each cam follower guide slot by it.

[0021] As shown in drawing 5, the mirror pitching adjusting cam 49 and the mirror yawing adjusting cam 50 are formed in the perimeter of the ceramic base 52, and the "clearance fit" is carried out rotatable around the ceramic base. Moreover, the precompression spring 65 energized in the extended direction is formed in the perimeter of the mirror pitching adjusting cam 49. In drawing 5, the left end section of the precompression spring 65 contacted end-face 52a of the ceramic base 52, and the right end section is in contact with the background of cam side 49a. For this reason, the mirror pitching adjusting cam 49 is energized in the direction which goes to a tip (right-hand side of drawing 5) in accordance with an optical axis. This energization force is told to the mirror yawing adjusting cam 50 through cam side 49a, the mirror pitching adjustment cam follower 47, the output mirror electrode holder 46, the mirror yawing adjustment cam follower 48, and cam side 50a, and is responded to by the covering device material 66 at the tip of the ceramic base 52. In addition, since cam side 49a of the mirror pitching adjusting cam 49 is contacted by the-two upper and lower sides and the mirror yawing adjustment cam follower 48 contacts cam side 50a of the mirror yawing adjusting cam 50 by-two right and left, backlash does not produce the mirror pitching adjustment cam follower 47 into a contact part.

[0022] As shown in drawing 5, cam side 49a of the mirror pitching adjusting cam 49 is made into a part of leaning flat surface which cut the cylinder aslant. Cam side 50a of the mirror yawing adjusting cam 50 also consists of same leaning flat surface. Therefore, if the mirror pitching adjusting cam 49 is turned, the normal of the output mirror 45 will be rotated around the y-axis through the mirror pitching adjustment cam follower 47 of the-two upper and lower sides which contact cam side 49a. Moreover, if the mirror yawing adjusting cam 50 is turned, the normal of the output mirror 45 will be rotated around a x axis through the mirror yawing adjustment cam follower 48 of the Yuji Hidari book which contacts cam side 50a. Therefore, the inclination of the output mirror 45 can be adjusted by rotating the mirror pitching adjusting cam 49 and the mirror yawing adjusting cam 50.

[0023] In addition, as shown in drawing 4 (b), it is a point O1. Point O2 Since it has shifted, cam side 49a of the mirror pitching adjusting cam 49 and cam side 50a of the mirror yawing adjusting cam 50 do not collide. Moreover, point O1 Point O2 Since it can arrange so that the mirror pitching adjusting cam 49 and the mirror yawing adjusting cam 50 may be used as the cylinder of the same radius and each cam side 49a and 50a may be countered by shifting, it is possible to simplify a device and to miniaturize and, moreover, the tuning of an inclination becomes easy.

[0024] The change of the inclination of the output mirror 45 based on the magnitude of the inclination of the cam sides 49a and 50a and rotation of each cam is closely related so that the above-mentioned explanation may show. Therefore, if the inclination of the cam sides 49a and 50a is made small, the include-angle range which the mirror pitching adjustment cam follower 47 and the mirror pitching adjustment cam follower 48 rotate will become small, and fine tuning of the inclination of the so precise output mirror 45 of it will be attained. Moreover, since the up-and-down mirror pitching adjustment cam follower 47 and the mirror yawing adjustment cam follower 48 on either side have sufficient stroke for each, it has contributed to this enabling precise fine tuning.

[0025] And with this configuration, inclination adjustment around the x axis of the output mirror 45 and the y-axis can be performed independently, respectively. That is, since the surrounding condition of the already adjusted x axis (y-axis) of having been adjusted is not affected even if adjust the inclination of an output mirror around a x axis (y-axis), and it makes it the output of the laser light obtained serve as max first, and adjusts the surrounding inclination of the y-axis (x axis) after that and makes it an output serve as max, the laser light of the maximum output is obtained as a result. For this reason, the tuning of an easy and efficient inclination becomes possible. In addition, as shown in drawing 4 (b), it is a point O1. Point O2 Since it has shifted slightly, if it says strictly, it has the influence of some on in the case of one adjustment to another side. However, it was checked from the experimental result which this invention person performed that this effect is small to extent which can be disregarded.

[0026] Next, with reference to drawing 7 and drawing 8, the justification device of the objective lens 40 shown in drawing 1 and drawing 3 is explained. Drawing where drawing 7 looked at the parts of an objective lens 40 and the object lens holder 41 from the direction front of an optical axis, the side elevation which looked at the objective lens adjusting cam 42 of the shape of a cylinder by which drawing 8 (a) was prepared in the perimeter of the ceramic base from width, and drawing 8 (b) are the development views showing the condition of having developed the objective lens adjusting cam 42 of this drawing (a).

[0027] As shown in drawing 3 and drawing 7, three slitting 70a-70c covering the include-angle range of about 100 degrees is formed in the disc-like object lens holder 41. Moreover, although the object lens holder 41 is made into aluminum in this example, other metals, engineering plastics, etc. are usable. Therefore, among the object lens holders 41, the part of the outside of slitting 70a-70c serves as the cantilever springs 71a-71c using metaled elasticity, and presses the inside front face of the ceramic base 52 equally toward a radial outside in the heights 72a-72c at a tip. The medial axis of an objective lens 41 can be made in agreement with an optical axis by this. And since it presses by three points, even if there are environmental variations, such as a temperature change, this condition of having been in agreement is stabilized and is maintained.

[0028] Moreover, three objective lens adjustment cam followers 73a-73c are formed in the object lens holder 41. Cam followers 73a-73c are formed in the fixed side of cantilever springs 71a-71c so that each medial axis may pass along the core of an objective lens. The cam follower guide slots 74a-74c which consist of the same slot as the cam follower guide slots 61-64 shown in drawing 6 etc. are established in the perimeter of the ceramic base 52. The major axis of these cam follower guide slots 74a-74c is parallel to an optical axis, therefore the objective lens adjustment cam followers 73a-73c inserted in each cam follower guide slot are movable to an optical axis and parallel.

[0029] The objective lens adjusting cam 42 is formed in the perimeter of the ceramic base 52 so that a medial axis may be in agreement with the medial axis of the ceramic base 52. The clearance fit of this objective lens adjusting cam 42 is carried out rotatable around the ceramic base 52 like the pitching cam 49 and the mirror yawing adjusting cam 50 which were exactly explained in drawing 6. As shown in the objective lens adjusting cam 42 at drawing 7, three cam grooves 42a-42c are formed, and the matched-pairs object lens adjustment cam followers 73a-73c are inserted in each.

[0030] As shown in drawing 1 and drawing 3, the objective lens precompression spring 75 is formed ahead of the object lens holder 41. This objective lens precompression spring 75

energizes the object lens holder 41 back through the back cap 78 while energizing to the front the crystal electrode holder 77 with which the harmonic generation component 44 is held through the front cap 76. According to the energization force to this back, the objective lens adjustment cam followers 73a-73c contact the objective lens adjusting cam 42 in the side face behind each cam groove (left-hand side of drawing 8 (a) and (b)). Since three points of the objective lens adjustment cam followers 73a-73c contact the back side face of each cam groove at this time, the flat surface by these three points is specified uniquely.

[0031] Each cam grooves 42a-42c are mutually formed in parallel and aslant, as shown in drawing 8. For this reason, if the objective lens adjusting cam 42 rotates around the ceramic base 52, the object lens holder 41 will carry out advancing-side-by-side migration continuously in accordance with an optical axis.

[0032] Therefore, based on the direction which rotates the objective lens adjusting cam 42, and its rotation location, the location in the direction of an optical axis of an objective lens 40 can be adjusted. If the objective lens adjusting cam 42 is rotated, the heights 72a-72c at the tip of cantilever springs 71a-71c will slide on the inside front face of the ceramic base 52. For this reason, it is required to make elasticity of cantilever springs 71a-71c into the suitable range so that unnecessary friction may not occur but this sliding may be performed smoothly.

[0033] The energization force ahead of the objective lens precompression spring 75 plays the role of making the crystal electrode holder 77 with which the laser crystal 43 and the harmonic generation component 44 are held contact the ceramic base 52 firmly so that it may mention later. Although the die length of the resonance section 12, i.e., the distance of the laser crystal 43 and the output mirror 45, is specified mainly with the dimension of the crystal electrode holder 77 and the ceramic base 52, it can keep constant the distance of the laser crystal 43 and the output mirror 45 by making the crystal electrode holder 77 contact the ceramic base 52 certainly with the objective lens precompression spring 75.

[0034] As shown in drawing 1 and drawing 3, the cylinder-like charcoal filter 140 is formed in the interior of the resonance section 12 by hollow. As this charcoal filter 140 is shown in drawing 9, it is held with the electrode holder 141 at the position in the resonance section 12, and the covering device material 142 in which some holes were established is put on the both sides of an electrode holder 141. The amount of [of the activity edge filter 140] centrum becomes the transit route of laser light.

[0035] In order to absorb internal moisture, what enclosed silica gel is known for conventional laser equipment. However, the below-mentioned adhesives and other polymeric materials are used for laser equipment, and these generate gas with a minute amount. This gas becomes the cause which pollutes the front face of an optical element. Then, since such gas can be made to absorb like this example by enclosing a charcoal filter 140 with the interior of the resonance section 12, an impurity can be effectively removed from the interior of the resonance section 12, and contamination of an optical element can be prevented. Moreover, with the laser equipment of this example, perfect sealing is avoided, therefore moisture may mix [moisture] from the exterior so that the differential pressure of the interior and the exterior may not arise. This moisture is also removable with a charcoal filter.

[0036] Next, with reference to drawing 10 and drawing 11, the temperature control of LD which applied the temperature control device of the optical equipment concerning this invention, and power control of LD are explained. Outline drawing of longitudinal section which drawing 10 omitted a part of configuration of the excitation section 11 shown in drawing 1 and drawing 2 here, and was shown, and drawing 11 are outline drawings of longitudinal section of the excitation section which carried out the partial change of the configuration of drawing 10. If LD20 shown in drawing 10 supplies a current and makes it emit light, it will generate heat, and power and wavelength change under the effect. Moreover, the temperature rise by superfluous generation of heat causes destruction. Therefore, in order to operate LD20 proper, it is desirable to control the power and temperature.

[0037] First, power control of LD20 in this example is explained. There are some which have the minute light sensing portion prepared behind the light-emitting part and a terminal for taking out the output signal from this light sensing portion to the exterior in LD from the former. If this LD

is used, power control of LD can be performed by detecting the light which leaks from a light-emitting part to back by the light sensing portion, and applying feedback to the supply current to LD by making the output current into a power detecting signal. However, it is slightly reflected by the objective lens which is ahead, and a part of laser light emitted from LD returns to LD with it. Generally the sensibility of the light sensing portion of LD is very high, and the feeble reflected light also detects it unescapable. Moreover, the amount of the reflected light from an objective lens changes with the locations on the optical axis of an objective lens. Therefore, with the type equipment like this example which moves according to a focus control device in an optical-axis top, the reflected light from an objective lens etc. serves as a noise, influences the detection current of a light sensing portion, and becomes the cause of reducing the precision of power control of LD.

[0038] So, in this example, a photodetector (PD) 22 is formed by the arrangement shown in drawing 10, and power control of LD20 is performed using the detecting signal from PD22, without using the light sensing portion of LD20. The great portion of laser light emitted from LD20 penetrates a beam splitter 24, it attains it to the objective lens 40 in the resonance section 12, it is reflected by the beam splitter 24 and other parts are led to PD22. On the other hand, as for the reflected light from an objective lens 40, a part penetrates a beam splitter 24 as it is, and return and the remaining parts are reflected in the upper part of drawing 10 by the beam splitter 24 to LD20. However, the reflected light from an objective lens does not reach to PD22. That is, PD22 receives a part of laser light purely emitted from LD20. Therefore, if the output current of PD22 is made into the power detecting signal of LD20 and this is fed back to the supply current of LD20 through the gain controller 80 and the power control section 81, power control of LD20 can be performed with a sufficient precision.

[0039] Next, the temperature control of LD20 is explained. Since the wavelength of LD20 changes with temperature, the control in this example is a thing which doubles the wavelength of LD20 with absorption of a solid-state-laser crystal and to perform for accumulating. The well-known Peltier cooler 25 and the well-known temperature control section 84 mainly perform this control. If a current is supplied, the Peltier cooler 25 will absorb the heat of a cooled object compulsorily in the cooling surface, and will emit the absorbed heat to the exterior in a heat sinking plane. As shown in drawing 10, LD20 is stuck to the cooling plate 26 for LD, and the LD electrode holder 21. It is attached so that the cooling surface of the Peltier cooler 25 may be stuck to the cooling plate 26 for LD and a heat sinking plane may be stuck to the heat-conduction plate 30 for LD, respectively. Let these adhesion be positive things by fixing the cylindrical spring 28 to the ceramic subbase 27 by the up-and-down coma 29 for cylindrical spring maintenance, and forcing the center section of the heat-conduction plate 30 for LD on the front Peltier cooler 25. Fitting also of any was carried out mutually and the LD electrode holder 21 and the cooling plate 26 for LD which consist of a metal have stuck them. therefore, the LD electrode holder 21 and the cooling plate 26 for LD — thermal — one — it is — abbreviation — it becomes uniform temperature.

[0040] As shown in drawing 2 and drawing 10, although it also touches the ceramic subbase 27, since the LD electrode holder 21 has sufficient heat insulation operation, it intercepts effectively receipts and payments of heat with the exterior through this like the after-mentioned to the ceramic used by this example. PD22 is also attached in the LD electrode holder 21 besides LD20. LD20 and PD22 — abbreviation — it becomes uniform temperature. [therefore,] Since a property changes with temperature, PD22 controls the temperature of LD20 by the above configurations, and the temperature of PD22 is also controlled by coincidence and can keep a property constant. Moreover, since it is not necessary to form the Peltier cooler in LD20 and PD22 separately if it does in this way, it is economical.

[0041] At the cooling plate 26 for LD, as shown in drawing 10, the thermistor 82 for temperature detection is embedded. The temperature detecting signal of a thermistor 82 is sent to the temperature control section 84, after the gain controller 83 is supplied and a gain adjustment is made by the lead pulled out outside here. The temperature control section 84 controls the supply current to the Peltier cooler 25 based on the temperature detecting signal from a thermistor 82. By this, the cooling plate 26 for LD in contact with the cooling surface of the

Peltier cooler 25, the LD electrode holder 21, and LD20 and PD22 are maintained by fixed temperature.

[0042] On the other hand, further, as shown in drawing 1 and drawing 2, adhesion immobilization of the heat-conduction plate 30 for LD stuck to the heat sinking plane of the Peltier cooler 25 is carried out by the spring 90 with criteria shell **, and the **** 91 with ***** at the heat dissipation shell 31. Since the heat dissipation shell 31 has sufficiently big surface area, the heat of LD20 absorbed by the Peltier cooler 25 is emitted to the exterior from this heat dissipation shell 31. Therefore, the effectiveness of the temperature control of LD20 performed by the temperature control section 84 and the Peltier cooler 25 improves sharply, and can prevent effectively fluctuation of the thermal property of LD20 and PD22. While the precision of power control of LD20 by PD22 improves by this, the output wavelength of LD20 can always be maintained at abbreviation regularity, and fluctuation in the mode of the laser light which resonates in the resonance section 12 can be prevented.

[0043] PD22 is attached in the cooling plate 26 for LD in the example shown in drawing 11. For this reason, in order to lead the light from a beam splitter 24 to PD22, the total reflection mirror 85 is formed. Thus, when PD22 is attached in the cooling plate 26 for LD, the distance of LD20 and PD22 can be brought close, the volume of the member which should be cooled by the Peltier cooler 25 is reduced, and there is an advantage that heat capacity can be made small. Even when are done in this way and thermal disturbance arises, this can be followed in a short time and it can return to predetermined temperature. For this reason, the error by temperature fluctuation can be suppressed smaller and the precision of power control of LD20 can be raised. Moreover, the precision of temperature control also improves more.

[0044] By the way, generally on the occasion of use of the Peltier cooler 25, it is made desirable to **** a heat-conduction plate to the heat sinking plane firmly, and to carry out a stop to it. However, when it fixed with two or more screw threads and some **** loosens, it is difficult to secure the condition of the heat-conduction plate having carried out per piece, and the condition that the opposite side floated having often happened, and having always stuck. Especially the thing for which the slack of each screw thread is certainly prevented when mass-producing becomes more difficult. Moreover, it sets like an erector, and although two or more **** is bolted quickly, most time amount is required, and the fall of workability is invited to it.

[0045] However, if the coma 29 for cylindrical spring maintenance of the cylindrical spring 28 and the upper and lower sides which fix this is used like this example, only the center of the heat-conduction plate 30 for LD is pressed, and the heat-conduction plate 30 for LD can be certainly stuck to the heat sinking plane of the Peltier cooler 25 by this. And since an activity is completed only by inserting a coma 29 for cylindrical spring maintenance in the predetermined part of the ceramic subbase 23, working efficiency improves. Furthermore, when decomposition is required, the heat-conduction plate 30 for LD and the Peltier cooler 25 can be easily separated only by removing a coma 29 for cylindrical spring maintenance.

[0046] As shown in drawing 2, drawing 10, and drawing 11, LD20, a beam splitter 24, a photodetector 22, the Peltier cooler 25, and the cooling plate 26 for LD are formed in the interior of the excitation section 11 in one, and constitute one unit from this example. Therefore, before making it final like drawing 1 and assembling laser equipment 10, only this excitation section 11 can be operated, that actuation can be checked, and a property can be investigated. There is so big no difference in LD20, the laser crystal 43 in the resonance section 12, and the percent defective of the harmonic generation component 44. For this reason, when final assembly is performed without checking in advance and fault is discovered after that, pinpointing of the generating part of abnormalities is difficult. However, if the check of optical system and a heat dissipation system of operation is performed only in the excitation section 11 before final assembly, even if fault occurs behind, it will become easy to pinpoint the part.

[0047] Moreover, although it is necessary to proofread [photodetector / 22] about each product, since the laser light emitted from LD20 cannot be correctly measured with the actinometry vessel for proofreading etc. after assembling completely, it is difficult [it] to investigate a property independently only about a photodetector 22. However, if the unit which became independent only in the excitation section 11 is constituted like this example, the

property data of a photodetector 22 can be obtained easily in advance.

[0048] Next, the laser crystal 43 in the resonance section 12 and the temperature control of the harmonic generation component 44 are explained. Drawing 12 is outline drawing of longitudinal section having expanded and shown the laser crystal 43 shown in drawing 1, the harmonic generation component 44, and its circumference part. The harmonic generation component 44 is being fixed to the position in the metal crystal electrode holder 77. Moreover, adhesion immobilization of the laser crystal 43 is carried out at the back end section of the crystal electrode holder 77. About the fixed approach of this laser crystal 43, it mentions later.

[0049] The objective lens precompression spring 75 is formed in the perimeter of the body (left-hand side part of drawing 12) of the crystal electrode holder 77. the cap 76 with the approximately cylindrical objective lens precompression spring 75, the copper heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal, and the metal ring-like member 101 — similarly the crystal electrode holder 77 is energized in the direction of a tip (right of drawing 12) through the ring-like Peltier cooler 102 for a crystal. Thereby, the disk section (right-hand side part of drawing 12) of the crystal electrode holder 77 is pressed by ups-and-downs section back end 52b of the ceramic base 52, and is stuck. Therefore, the distance from the laser crystal 43 to ups-and-downs section back end 52b of the ceramic base 52 is correctly prescribed by the crystal electrode holder 77.

[0050] Since the laser light from LD20 is directly irradiated through an objective lens 40, if the laser crystal 43 remains as it is, it serves as an elevated temperature very much, and laser oscillation stops and it has a possibility that a laser crystal may be destroyed. Moreover, in order that the harmonic generation component 44 may also absorb laser light a little, temperature changes at the time of laser actuation. If there is the optimal temperature requirement also for the harmonic generation component 44 and temperature is changed, the effective optical path length to the wavelength of excitation light will change, and the conversion efficiency of a higher harmonic will fall. For this reason, it is necessary to fully cool and to suppress fluctuation of temperature in the narrow range about the laser crystal 43 and the harmonic generation component 44.

[0051] The Peltier cooler 102 is arranged so that the cooling surface may touch the back end of the disc-like member of the crystal electrode holder 77 and a heat sinking plane may touch the ring-like member 101, it absorbs heat compulsorily from the member which a cooling surface touches, and radiates heat to the member which touches a heat sinking plane. Moreover, the stop of the ring-like member 101 is *****ed and carried out to the side near the optical axis of the up-and-down heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal, and a part for the point of the heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal is connected with the heat dissipation shell 31. Therefore, the heat produced in the laser crystal 43 and the harmonic generation component 44 is cooled in the cooling surface of the Peltier cooler 102 through the crystal electrode holder 77. And the heat of the heat sinking plane of the Peltier cooler 102 is cooled by propagation and the open air to the heat dissipation shell 31 through the ring-like member 101 and the heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal.

[0052] Drawing 13 is the outline decomposition perspective view having shown intelligibly the relation between the heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal, and the ceramic base 52. As shown in this drawing, two notches 110a and 110b are formed in the ceramic base 52 up and down. The heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal are inserted from two notches 110a and 110b, respectively, it is the interior of the ceramic base 52, and they are *****ed with the ring-like member 101 and a stop is carried out. Thus, by forming the heat-conduction plates 100a and 100b for a crystal which have a comparatively big area in the vertical symmetry, heat conduction from the Peltier cooler 102 to the heat dissipation shell 31 is made to homogeneity, and it can prevent that unsymmetrical temperature distribution arise.

[0053] In the crystal electrode holder 77, the thermistor 112 for detecting the temperature of the crystal electrode holder 77 is embedded. The output signal from a thermistor 112 is supplied to the temperature control section 114 through the gain controller 113, as shown in drawing 12. The temperature control section 114 performs feedback control of the current supplied to the Peltier cooler 102 based on the output signal of a thermistor 112. The temperature of the laser

crystal 43 attached in the crystal electrode holder 77 and the harmonic generation component 44 is maintainable to abbreviation regularity with this.

[0054] Next, how to fix the laser crystal 43 to the crystal electrode holder 77 is explained. One of the approaches used from the former pastes up the laser crystal 43 on the end face of the crystal electrode holder 77 through a binder 130, as shown in drawing 14. In this case, the commercial silver paste which has a certain amount of thermal conductivity as a binder is used. If it has melted into the solvent and applies before applying, a solvent will volatilize, a front face dries, and a silver paste joins a pasted up object.

[0055] However, in pasting up the laser crystal 43 directly with a binder, there are the following problems. One is not so high as a metal, although a silver paste has to some extent high thermal conductivity. Moreover, since it is necessary to apply to the perimeter of a laser crystal equally manually so that a silver paste may not close the path of light to apply a silver paste to the direct laser crystal 43, an activity takes skill and working efficiency falls. Furthermore, since the solvent of a silver paste tends to flow out, a solvent may flow into a part for the core of a laser crystal in process of desiccation, and it may pollute a laser crystal.

[0056] So, in this example, the copper cap 131 is used instead of pasting up the laser crystal 43 on the crystal electrode holder 77 directly, as shown in drawing 15. That is, cap 131 is put on the body on the left-hand side of the crystal electrode holder 77, the laser crystal 43 is inserted among these, and the edge of cap 131 is pasted up on the perimeter of the body of the crystal electrode holder 77 with the silver paste 130 etc. In this case, since so much prudence is not required, an activity does not have a fear of it being easy and a solvent flowing out to the part of the laser crystal 43 in adhesion with cap 131 and the crystal electrode holder 77. Furthermore, since cap 131 is a metal, its thermal conductivity is high and it tends to conduct the heat of the laser crystal 43 it was indifferent to an elevated temperature to the crystal electrode holder 77. Consequently, there is an advantage that the life of the laser crystal 43 becomes long. Aluminum etc. can also be used as the quality of the material of cap 131.

[0057] Next, the quality of the material of the ceramic base 52 is explained. In the resonance section 12, in order for a higher harmonic to continue resonating proper, it must be kept constant, without changing the distance from the laser crystal 43 to the output mirror 45. The crystal electrode holder 77 and the ceramic base 52 mainly specify the distance from the laser crystal 43 to the output mirror 45 so that drawing 12 may show. Among these, since it cools compulsorily as mentioned above, it is always maintained at constant temperature, and it is not necessary to take into consideration the fluctuation by the temperature change of optical-axis lay length about the crystal electrode holder 77 which contains the component generating heat inside. On the other hand, about the ceramic base 52, since it becomes not contacting what generating heat directly, that a configuration becomes complicated, and the hindrance of a miniaturization, the cooling means has not been established especially by this example.

[0058] However, since the part constitutes a resonator, also as for the ceramic base 52, it is desirable to suppress fluctuation of the dimension by change of temperature using the quality of the material with a small coefficient of thermal expansion. On the other hand, it is necessary to the ceramic base 52 to perform various mechanical processings so that drawing 12 may also show. Then, this invention person found out some ingredients corresponding to the above-mentioned conditions, as a result of examining various ingredients a condition [that a coefficient of thermal expansion is small, that it is easy to carry out processing, excelling in adiathermic, and it being low cost].

[0059] namely, 46% of aluminum 2O3 And 45% of TiO2 The ceramic and 65% of SiO2 to contain 25% of CaO, and 10% of aluminum 2O3 from — they are the becoming ceramic and 49% of SiO2, 43% of aluminum 2O3, the ceramic containing 6% of MgO, the ceramic that consists of complex of AlN and BN, and the ceramic which consists of 96% of BN. Generally the coefficient of thermal expansion of these ceramics is a metaled half thru/or a metaled third grade, and the elongation of a dimension when temperature rises is very small. For this reason, by forming the ceramic base 52 using these, fluctuation of the oscillation wavelength by mode hopping stops being able to happen easily, and output mode is stabilized.

[0060] Moreover, as shown in drawing 12, the mirror yawing adjusting cam 50 which similarly

consists of SUS material is formed in the point of the ceramic base 52 so that it may be fixed by **** and the covering device material 66 which consists of SUS material may touch this covering device material 66. And the mirror yawing adjustment cam follower 48 prepared in the output mirror electrode holder 46 is pressed against cam side 50a of this mirror yawing adjusting cam 50 with the output mirror precompression spring 65 as mentioned above. Therefore, although temperature rises and some dimensions of the direction of an optical axis of the mirror yawing adjusting cam 50 are extended, the mirror yawing adjusting cam 50 is extended in the direction opposite to the direction where the ceramic base is extended on the basis of ceramic base 52 tip. For this reason, even if temperature rises and the dimension of the ceramic base 52 is extended somewhat, the elongation of the mirror yawing adjusting cam 50 acts so that this may be negated. When temperature falls and the dimension of each part material is shrunken, it acts similarly so that fluctuation of a dimension may be negated.

[0061] Although the coefficient of thermal expansion of a ceramic is small, since it is not completely zero, when temperature is changed, it is difficult to suppress fluctuation of the dimension of the ceramic base 52 completely. Then, as shown in drawing 16, instead of the ceramic base 52, the base member 120 of the crystal electrode holder 77 and one can be formed, and this can also be formed with metals, such as copper with high thermal conductivity. In that case, a heat insulator 121 is formed in the perimeter of the base member 120, and receipts and payments of heat with the exterior are intercepted. If it does in this way, temperature control will be made by the thermistor 112 and the Peltier cooler 102, therefore temperature fluctuation of the distance of the laser crystal 43 and the output mirror 45 will be prevented, and the crystal electrode holder 77 and the base member 120 will be kept constant.

[0062] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, and modification various by within the limits of the summary is possible for it.

[0063]

[Effect of the Invention] Since according to invention according to claim 1 the laser light which laser diode emitted is led to a photodetection means by the optical means and the supply current to laser diode is controlled using the output as explained above, the laser crystal which the output of the laser light emitted from laser diode is maintained at abbreviation regularity, therefore is excited in response is stabilized, and emits laser light.

[0064] Since it is lost by using a half mirror as a part of optical means as an optical means according to invention according to claim 2 that the reflected light of the light which passed the half mirror and was attained to the front reaches a photodetection means, the laser crystal which the precision of control of the supply current to laser diode improves, therefore is excited in response is stabilized more, and emits laser light.

[0065] Since it prevents that laser diode cools a cooling means to generate heat by the operating state, and becomes an elevated temperature according to invention according to claim 3, the output of laser light and fluctuation of wavelength can be suppressed, and moreover, since the supply current to this cooling means is also controlled, temperature can be kept constant in a higher precision.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Laser equipment which the laser light which the laser medium concerned which irradiated laser light at the laser medium and was excited from the laser diode which emits the laser light for excitation characterized by providing the following emits, or its higher harmonic is resonated, and takes it out to the exterior A photodetection means to detect the output of the laser light which said laser diode emits The optical means which leads a part of laser light which said laser diode emits to said photodetection means, and the laser diode control means which controls the current which supplies said laser diode based on the detecting signal from said photodetection means

[Claim 2] Laser equipment according to claim 1 characterized by including the half mirror which reflects a part of laser light in an abbreviation right angle in said optical means.

[Claim 3] Laser equipment according to claim 1 or 2 characterized by providing the following A maintenance means to hold said laser diode and said photodetection means so that both may be thermally united A cooling means to absorb heat from said maintenance means and to radiate heat to the exterior by supplying a current A temperature detection means to detect the temperature of said maintenance means The cooling control means which controls the supply current to said cooling means based on the detecting signal from said temperature detection means

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-186322

(43) 公開日 平成8年(1996)7月16日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/133			
G 0 2 F	1/37			
H 0 1 S	3/043			

H 0 1 S	3/ 04	S
	3/ 094	S

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-338687

(22) 出願日 平成6年(1994)12月29日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 鈴木 正美

東京都千代田区大手町2丁目6番3号 新

日本製鐵株式会社内

(72) 発明者 鈴木 和雄

東京都千代田区大手町2丁目6番3号 新

日本製鐵株式会社内

(72) 発明者 瀧元 正俊

東京都千代田区大手町2丁目6番3号 新

日本製鐵株式会社内

(74) 代理人 弁理士 半田 昌男

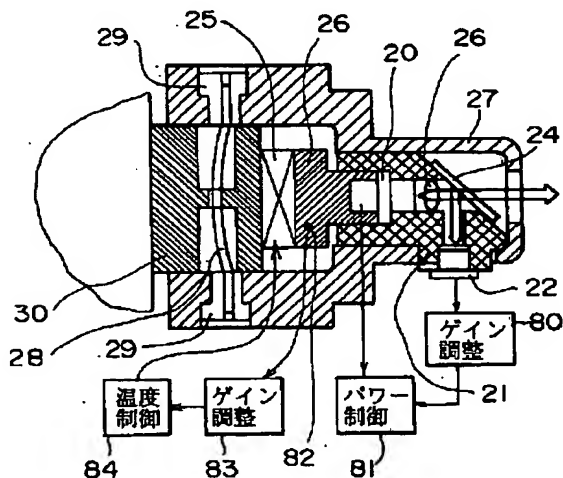
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー装置

(57) 【要約】

【目的】 レーザーダイオードの温度上昇を抑えて、レーザーダイオードの出力光のパワー及び波長の変動を有効に防止しうるレーザー装置を提供する。

【構成】 P D 2 2 を設け、この検出信号を用いて L D 2 0 のパワー制御を行う。L D 2 0 からのレーザー光の一部はビームスプリッタ 2 4 で反射されて P D 2 2 へと導かれる。対物レンズ 4 0 からの反射光は、P D 2 2 へ達することなく、したがって、P D 2 2 は、L D 2 0 から発せられたレーザー光の一部だけを受光する。L D 2 0 は、L D 用冷却板 2 6 及び L D ホルダー 2 1 に密着している。ペルチェクーラー 2 5 の低温側は L D 用冷却板 2 6 に、高温側は L D 用熱伝導板 3 0 に、それぞれ密着している。金属製の L D ホルダー 2 1、L D 用冷却板 2 6 は、相互に嵌合密着されており、両者は熱的に一体で、略一様な温度となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励起用のレーザー光を発するレーザーダイオードからレーザー媒質にレーザー光を照射し、励起された当該レーザー媒質が発するレーザー光又はその高調波を共振させて外部へ取り出すレーザー装置において、

前記レーザーダイオードが発するレーザー光の出力を検出する光検出手段と、

前記レーザーダイオードが発するレーザー光の一部を前記光検出手段に導く光学手段と、

前記光検出手段からの検出信号に基づいて前記レーザーダイオードに供給する電流を制御するレーザーダイオード制御手段と、

を具備することを特徴とするレーザー装置。

【請求項 2】 前記光学手段には、レーザー光の一部を略直角に反射するハーフミラーを含んでいることを特徴とする請求項 1 記載のレーザー装置。

【請求項 3】 前記レーザーダイオードと前記光検出手段を、両者が熱的に一体となるよう保持する保持手段と、

電流を供給することによって前記保持手段から熱を吸収し、外部へ放熱する冷却手段と、

前記保持手段の温度を検出する温度検出手段と、

前記温度検出手段からの検出信号に基づいて前記冷却手段への供給電流を制御する冷却制御手段と、

を具備することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のレーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、励起用のレーザー光を発するレーザーダイオードからレーザー媒質にレーザー光を照射し、励起された当該レーザー媒質が発するレーザー光又はその高調波を共振させて外部へ取り出すレーザー装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レーザーダイオード(LD)によりレーザー結晶を励起してレーザー発振を行わせるレーザー装置は、小型、軽量、長寿命で、変換効率が高く、動作の安定性もよいという特長を有する。また、このレーザー装置と高調波発生素子とを組み合わせると基本波の高調波を発生させれば、青色又は緑色のレーザー光が得られることも知られている。かかるレーザー装置は、例えば特開平 2-146784 号公報、特開平 6-69567 号公報に記載されている。

【0003】図 17 は、上記レーザー装置の概略構成を示した原理図である。この装置は、主として励起用の LD 200、レンズ 202、レーザー媒質であるレーザー結晶 204、高調波発生素子 208、出力ミラー 210 からなる。レーザー結晶 204 のレンズ 202 側の表面には、所定波長の光を高い反射率で反射するミラーが形

成されている。

【0004】図 17 において、LD 200 はレーザー結晶 204 の吸収波長域のレーザー光を発振するものとする。このレーザー光は、レンズ 202 によってレーザー結晶 204 の表面に収束される。レーザー結晶 204 はレーザー光を受けて励起され、所定波長のレーザー光を発振する。この発振レーザー光が高調波発生素子である KTP 結晶を通過すると、波長が 2 分の 1 の第二高調波（又は波長が 3 分の 1 の第三高調波）が発生する。この高調波は、出力ミラー 210 によって反射され、更に、ミラー 206 によっても反射される。すなわちミラー 206 と出力ミラー 210 との間の空間は共振器として作用し、高調波は、この間を何往復かすることによって共振して高いエネルギーとなる。このレーザー光は、出力ミラー 210 から外部へ取り出される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、LD は、電流を供給してレーザーを発光させると発熱し、その影響でパワーや波長が変化する。また、過剰な発熱による温度上昇は、破壊の原因となる。LD が発するレーザー光のパワーや波長が変化する、このレーザー光によって励起されるレーザー結晶が適正に励起されず、レーザー光を発することができなかつたり、レーザー光を発したとしても、その出力レーザー光のパワー及び波長は不安定となる。

【0006】本発明は、上記事情に基づいてなされたものであり、レーザーダイオードの温度上昇を抑えて、レーザーダイオードの出力光のパワー及び波長の変動を有効に防止しうるレーザー装置を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するための請求項 1 記載の発明は、励起用のレーザー光を発するレーザーダイオードからレーザー媒質にレーザー光を照射し、励起された当該レーザー媒質が発するレーザー光又はその高調波を共振させて外部へ取り出すレーザー装置において、前記レーザーダイオードが発するレーザー光の出力を検出する光検出手段と、前記レーザーダイオードが発するレーザー光の一部を前記光検出手段に導く光学手段と、前記光検出手段からの検出信号に基づいて前記レーザーダイオードに供給する電流を制御するレーザーダイオード制御手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0008】請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、前記光学手段には、レーザー光の一部を略直角に反射するハーフミラーを含んでいることを特徴とするものである。

【0009】請求項 3 記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載の発明において、前記レーザーダイオードと前記光検出手段を、両者が熱的に一体となるよう保持する保持手

10

20

30

40

50

段と、電流を供給することによって前記保持手段から熱を吸収し、外部へ放熱する冷却手段と、前記保持手段の温度を検出する温度検出手段と、前記温度検出手段からの検出信号に基づいて前記冷却手段への供給電流を制御する冷却制御手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0010】

【作用】請求項1記載の発明は、前記の構成により、レーザーダイオードは、その出力光を検出され、その信号に基づいて、供給される電流が制御されるので、出力光が強くなれば、供給電流を減らして出力が下げられ、出力光が弱くなれば、供給電流を増やして出力が高められるので、レーザーダイオードが発するレーザー光は、常に略一定の出力に保たれる。

【0011】請求項2記載の発明は、前記の構成により、ハーフミラーによって、レーザーダイオードが発したレーザー光の一部を光検出手段へ導く構成とすることにより、ハーフミラーを透過していったレーザー光の反射光が、光検出手段へ混入することを防止できる。したがって、光検出手段を用いたレーザーダイオードへの供給電流の制御は、高い精度でなされる。

【0012】請求項3記載の発明は、前記の構成により、レーザーダイオードは、作動状態で発熱するが、冷却手段で冷却することによって、高温になるのを防止でき、レーザー光の出力及び波長の変動を抑えることができる。しかも、この冷却手段への供給電流も制御するので、より高い精度で温度を一定に保つことができる。

【0013】

【実施例】以下に、図面を参照して、本発明の一実施例について説明する。図1は、本発明に係るレーザー装置の全体構成を示す一部切り欠き斜視図、図2は、図1の励起部を拡大して示した一部切り欠き斜視図、図3は、図1の共振部12を拡大して示した一部切り欠き斜視図である。まず、図1に沿って、レーザー装置10の全体的な構成を簡単に説明する。図1に示すレーザー装置10を大きく分けると、励起部11と共振部12からなる。励起部11と共振部12は、それぞれ独立して組立てが可能であり、最終工程において共振部12を光軸に沿って励起部11の放熱シェルに挿入し、所定位置に固定することによって、レーザー装置10を完成させる。

【0014】図1及び図2に示す励起部11は、主として、励起用のレーザー光を発生するレーザーダイオード(LD)20と、このLD20を保持するLDホルダー21と、LD20からのレーザー光を検出するフォトディテクタ22と、LD20からのレーザー光を平行光に変えるコリメートレンズ23と、コリメートレンズ23を通過したレーザー光を透過させるとともにその一部をフォトディテクタ22へ導くビームスプリッタ24と、LD20を冷却するベルチェクーラー25と、LD20の熱をLD用ベルチェクーラー25の冷却面へ導くLD

用冷却板26と、LDホルダー21、フォトディテクタ22、コリメートレンズ23、ビームスプリッタ24を保持するとともに相互の位置関係を規定するセラミックサブベース27と、LD用ベルチェクーラー25をLD用冷却板26に一樣に押し付ける棒状ばね28と、棒状ばね28を上下でセラミックサブベース27に固定する保持用コマ29と、LD用ベルチェクーラー25の冷却面からの熱を放熱シェル31へ伝えるLD用熱伝導板30と、これら全体を内部に含む筐体であるとともにLD用ベルチェクーラー25からの熱を放熱する役割も果たす放熱シェル31からなる。

【0015】図1及び図3に示す共振部12は、LD20からのレーザー光をレーザー結晶の表面に収束する対物レンズ40と、この対物レンズ40を保持する対物レンズホルダー41と、この対物レンズホルダー41の光軸方向での位置調整を行う対物レンズ調整カム42と、対物レンズからのレーザー光を受けると励起されて所定の波長のレーザー光を発振するレーザー結晶43と、レーザー結晶43が発するレーザー光の高調波を発生する高調波発生素子44と、レーザー光の一部を外部へ発射するとともに共振部12内へ反射する出力ミラー45と、この出力ミラー45を保持する出力ミラーホルダー46と、出力ミラー45のピッチングの傾きを調整する上下二本のミラーピッチング調整カムフォロア47と、出力ミラー45のヨーイングの傾きを調整する左右二本のミラーヨーイング調整カムフォロア48と、カム面49aにおいて上下のミラーピッチング調整カムフォロア47に当接するミラーピッチング調整カム49と、カム面50aにおいて左右のミラーヨーイング調整カムフォロア48に当接するミラーヨーイング調整カム50と、出力ミラー45から出力された光のうち赤外光の透過を阻止する赤外フィルタ51と、レーザー結晶43から出力ミラー45までの共振長を規定するとともに、後述する種々の役割を果たす円筒状のセラミックベース52を含んでいる。

【0016】本実施例では、励起用LD20として、波長809nmの半導体レーザーを使用し、レーザー結晶43として、周知のNdをドープしたYVO₄を使用する。また、高調波発生素子44としては、周知のKTP結晶を使用する。レーザー結晶43の対物レンズ40側の表面には、鏡面コーティング加工によってミラーが形成されている。LD20により励起されたレーザー結晶43は、波長1064nmの赤外光を発生し、レーザー結晶43のミラーと出力ミラー45との間で反射を繰り返すことによって共振する。両ミラーの反射率は、波長1064nmに対して高く設定してあるため、赤外光は外に出ず、高い強度で両ミラーの間に閉じ込められる。よって、レーザー結晶43で発生するレーザー光が高調波発生素子44によって、高効率で、半分の波長を有する第二高調波に変換され、波長532nmの可視の出力光が得

られる。

【0017】ところで、波長532nmの第二高調波が高効率で発生するためには、1064nmの基本波のレーザー光が、レーザー結晶43のミラーと出力ミラー45との間を何回も往復することが必要であり、そのためには、両方のミラーの傾きが所定の条件を満たすことが前提となる。本実施例では、レーザー結晶43のミラーは平面とする。一方、出力ミラー45は、レーザー光が共振器内部を進むうちに回折作用によって広がっても、再度、元のビーム径に収束するよう、凹状の球面ミラーとする。また、レーザー結晶43は固定とし、出力ミラー45の傾きは可変とする。したがって、出力ミラー45の傾きを正確に調整することが、高出力のレーザー光を得るための重要な条件となる。

【0018】次に、図4～図6を参照して、出力ミラー45の傾き調整機構について説明する。ここで、図4(a)は、図1及び図3の出力ミラーホルダー46と、このホルダーに設けられているミラーピッチング調整カムフォロア47及びミラーヨーイング調整カムフォロア48を示した斜視図、同図(b)は、図1の出力ミラーホルダー46に対応して規定した光軸及びこれに垂直な二つの軸の関係を示す図、図5は共振部12の概略水平断面図、図6は出力ミラーホルダー46の部分を光軸前方から見た概略図である。

【0019】図4(a)(b)に示すように、出力ミラー45を通る光軸をz軸、ミラーピッチング調整カムフォロア47の中心軸をx軸、ミラーヨーイング調整カムフォロア48の中心軸をy軸とする。図4(b)に示すように、本実施例では、z軸とx軸、z軸とy軸は、それぞれ点O₁、点O₂において直交している。点O₁と点O₂は、1～2mm程度ずらしてあり、このため、x軸とy軸はねじれの位置にあるが、z軸方向から見ると、x軸とy軸は直交する位置関係にある。但し、このように点O₁と点O₂をずらしたのは、後述のように、ピッチング調整とヨーイング調整の機構を簡単にできること、及び、このようにしてもピッチングとヨーイングを略独立して調整できることによるものであり、本発明の本質に関わるものではない。

【0020】図5及び図6に示すように、セラミックベース52の周囲には、四つのカムフォロアガイド溝61～64が90°の角度間隔で設けられている。各カムフォロアガイド溝は、長軸が光軸と平行な長穴からなる。このうち上下のカムフォロアガイド溝61、63にはミラーピッチング調整カムフォロア47が挿入され、左右のカムフォロアガイド溝62、64にはミラーヨーイング調整カムフォロア48が挿入されている。これによって、出力ミラーホルダー46は、その中央に設けられた出力ミラー45の中心軸が光軸と一致する位置に拘束されるが、各カムフォロアはそれぞれのカムフォロアガイド溝に沿って光軸方向に移動可能とされている。

【0021】図5に示すように、セラミックベース52の周囲には、ミラーピッチング調整カム49及びミラーヨーイング調整カム50が設けられており、セラミックベースの回りで回動可能に「すきまばめ」されている。また、ミラーピッチング調整カム49の周囲には、伸びる方向に付勢する予圧ばね65が設けられている。図5において、予圧ばね65の左端部はセラミックベース52の端面52aに当接し、右端部はカム面49aの裏側に当接している。このためミラーピッチング調整カム49は、光軸に沿って先端(図5の右側)へ向かう方向に付勢される。この付勢力は、カム面49a、ミラーピッチング調整カムフォロア47、出力ミラーホルダー46、ミラーヨーイング調整カムフォロア48、カム面50aを介してミラーヨーイング調整カム50に伝えられ、セラミックベース52の先端の蓋部材66によって受け止められる。尚、ミラーピッチング調整カムフォロア47は、上下二本でミラーピッチング調整カム49のカム面49aと当接し、ミラーヨーイング調整カムフォロア48は、左右二本でミラーヨーイング調整カム50のカム面50aと当接するので、当接部分にガタが生じることはない。

【0022】図5に示すように、ミラーピッチング調整カム49のカム面49aは、円筒を斜めに切った傾いた平面の一部とされている。ミラーヨーイング調整カム50のカム面50aも、同様の傾いた平面からなる。したがって、ミラーピッチング調整カム49を回すと、カム面49aに当接する上下二本のミラーピッチング調整カムフォロア47を介して、出力ミラー45の法線はy軸の回りに回動する。また、ミラーヨーイング調整カム50を回すと、カム面50aに当接する左右二本のミラーヨーイング調整カムフォロア48を介して、出力ミラー45の法線はx軸の回りに回動する。したがって、ミラーピッチング調整カム49及びミラーヨーイング調整カム50を回動させることによって、出力ミラー45の傾きを調整することができる。

【0023】尚、図4(b)に示すように、点O₁と点O₂をずらしてあるため、ミラーピッチング調整カム49のカム面49aとミラーヨーイング調整カム50のカム面50aとが衝突することはない。また、点O₁と点O₂をずらすことによって、ミラーピッチング調整カム49とミラーヨーイング調整カム50を同一半径の円筒とし、それぞれのカム面49aと50aを対向するように配置することができるので、機構を簡単にして小型化することが可能であり、しかも傾きの調整作業が容易となる。

【0024】上記の説明から分かるように、カム面49a、50aの傾きの大きさと、各カムの回動に基づく出力ミラー45の傾きの変化は、密接に関連する。したがって、カム面49a、50aの傾きを小さくすれば、ミラーピッチング調整カムフォロア47及びミラーピッチ

10

20

30

40

50

ング調整カムフォロア48が回動する角度範囲は小さくなり、それだけ精密な出力ミラー45の傾きの微調整が可能となる。また、上下のミラーピッチング調整カムフォロア47、左右のミラーヨーイング調整カムフォロア48には、それぞれに十分なストロークがあるため、このことも精密な微調整を可能とすることに寄与している。

【0025】しかも、かかる構成では、出力ミラー45のx軸及びy軸の回りでの傾き調整を、それぞれ独立して行うことができる。すなわち、まず、x軸(y軸)の回りで出力ミラーの傾きを調整して、得られるレーザー光の出力が最大となるようにし、その後y軸(x軸)の回りの傾きを調整して出力が最大となるようにしても、既に調整されたx軸(y軸)の回りにおける調整された状態には影響を及ぼさないで、結果的に最大の出力のレーザー光が得られる。このため、簡単かつ能率的な傾きの調整作業が可能となる。尚、図4(b)に示すように、点O₁と点O₂を僅かながらずらしてあるため、厳密に言えば、一方の調整の際に他方に対して若干の影響がある。しかし、本発明者が行った実験結果から、かかる影響は無視できる程度に小さいことが確認された。

【0026】次に、図7及び図8を参照して、図1及び図3に示す対物レンズ40の位置調整機構について説明する。図7は対物レンズ40及び対物レンズホルダー41の部分を光軸方向前方から見た図、図8(a)はセラミックベースの周囲に設けられた円筒状の対物レンズ調整カム42を横から見た側面図、図8(b)は同図

(a)の対物レンズ調整カム42を展開した状態を示す展開図である。

【0027】図3及び図7に示すように、円盤状の対物レンズホルダー41には、約100°の角度範囲にわたる三つの切り込み70a~70cが設けられている。また、本実施例では対物レンズホルダー41をアルミニウムとするが、その他の金属やエンジニアリングプラスチックなども使用可能である。したがって、対物レンズホルダー41のうち、切り込み70a~70cの外側の部分は、金属の弾性を利用した片持バネ71a~71cとなり、先端の凸部72a~72cにおいて、セラミックベース52の内側表面を半径方向外側に向かって均等に押圧する。これによって対物レンズ41の中心軸を光軸と一致させることができる。しかも、三点で押圧するので、温度変化等の環境変化があっても、この一致した状態が安定して維持される。

【0028】また、対物レンズホルダー41には、三本の対物レンズ調整カムフォロア73a~73cが設けられている。カムフォロア73a~73cは、それぞれの中心軸が対物レンズの中心を通るように、片持バネ71a~71cの固定側に設けられる。セラミックベース52の周囲には、図6等にしたカムフォロアガイド溝61~64と同様の長穴からなるカムフォロアガイド溝7

4a~74cが設けられている。このカムフォロアガイド溝74a~74cの長軸は光軸と平行であり、したがって、各カムフォロアガイド溝に挿入された対物レンズ調整カムフォロア73a~73cは、光軸と平行に移動できる。

【0029】セラミックベース52の周囲には、中心軸がセラミックベース52の中心軸と一致するように、対物レンズ調整カム42が設けられている。この対物レンズ調整カム42は、ちょうど図6において説明したピッチングカム49及びミラーヨーイング調整カム50と同様に、セラミックベース52の回りで回動可能にすきまはめされている。対物レンズ調整カム42には、図7に示すように、三つのカム溝42a~42cが設けられており、それぞれには対応する対物レンズ調整カムフォロア73a~73cが挿入されている。

【0030】図1及び図3に示すように、対物レンズホルダー41の前方には対物レンズ予圧バネ75が設けられている。この対物レンズ予圧バネ75は、前方のキャップ76を介して高調波発生素子44が保持されている結晶ホルダー77を前方へ付勢するとともに、後方のキャップ78を介して、対物レンズホルダー41を後方へ付勢する。この後方への付勢力によって、対物レンズ調整カムフォロア73a~73cは、各カム溝の後方(図8(a)(b)の左側)の側面において対物レンズ調整カム42に当接する。このとき、対物レンズ調整カムフォロア73a~73cの三点が、各カム溝の後方側面に当接するので、この三点による平面は一意的に規定される。

【0031】各カム溝42a~42cは、図8に示すように、互いに平行、かつ斜めに設けられている。このため、対物レンズ調整カム42がセラミックベース52の回りで回動すると、対物レンズホルダー41は光軸に沿って連続的に並進移動する。

【0032】したがって、対物レンズ調整カム42を回動させる方向及びその回動位置に基づいて、対物レンズ40の光軸方向における位置を調整することができる。対物レンズ調整カム42を回動させると、片持バネ71a~71cの先端の凸部72a~72cは、セラミックベース52の内側表面を摺動する。このため、不必要な摩擦が発生せず、かかる摺動がスムーズに行われるように、片持バネ71a~71cの弾性を適当な範囲とすることが必要である。

【0033】対物レンズ予圧バネ75の前方への付勢力は、後述するように、レーザー結晶43及び高調波発生素子44が保持されている結晶ホルダー77を、セラミックベース52にしっかりと当接させるという役割を果たす。共振部12の長さ、すなわち、レーザー結晶43と出力ミラー45との距離は、主として結晶ホルダー77とセラミックベース52の寸法によって規定されるが、対物レンズ予圧バネ75によって結晶ホルダー77

10

20

30

40

50

をセラミックベース52に確実に当接させることで、レーザー結晶43と出力ミラー45との距離を一定に保つことができる。

【0034】共振部12の内部には、図1及び図3に示すように、中空で円筒状の活性炭フィルター140が設けられている。この活性炭フィルター140は、図9に示すように、ホルダー141によって、共振部12内の所定の位置に保持されており、ホルダー141の両側には、いくつかの穴が設けられた蓋部材142が被せられている。活性炭フィルター140の中空部分は、レーザー光の通過経路となる。

【0035】従来のレーザー装置では、内部の水分を吸収するために、シリカゲルを封入したものが知られている。しかし、レーザー装置には、後述の接着剤や、その他の高分子材料が用いられており、これらは微量ながらガスを発生する。かかるガスは、光学素子の表面を汚染する原因となる。そこで、本実施例のように、活性炭フィルター140を共振部12の内部に封入することによって、このようなガスを吸収させることができるので、共振部12の内部から不純物を有効に除去することができ、光学素子の汚染を防止することができる。また、本実施例のレーザー装置では、内部と外部との圧力差が生じないように、完全な密閉を避けており、したがって、外部から水分が水分が混入することがある。かかる水分も、活性炭フィルターによって除去することができる。

【0036】次に、図10及び図11を参照して、本発明に係る光学装置の温度制御機構を適用したLDの温度制御及びLDのパワー制御について説明する。ここで、図10は、図1及び図2に示す励起部11の構成を一部省略して示した概略縦断面図、図11は、図10の構成を一部変更した励起部の概略縦断面図である。図10に示すLD20は、電流を供給して発光させると発熱し、その影響でパワーや波長が変化する。また、過剰な発熱による温度上昇は、破壊の原因となる。したがって、LD20を適正に作動させるためには、そのパワー及び温度を制御することが望ましい。

【0037】まず、本実施例におけるLD20のパワー制御について説明する。従来からのLDには、発光部の後方に設けられた微小な受光部と、この受光部からの出力信号を外部へ取り出すための端子とを有するものがある。かかるLDを用いると、発光部から後方へ洩れる光を受光部で検出し、その出力電流をパワー検出信号として、LDへの供給電流にフィードバックをかけることによって、LDのパワー制御を行うことができる。しかし、LDから放射されたレーザー光の一部は、例えば前方にある対物レンズ等によって僅かながら反射され、LDへ戻る。LDの受光部の感度は一般に非常に高く、微弱な反射光も不可避免的に検出する。また、対物レンズからの反射光の量は、対物レンズの光軸上の位置によって変化する。したがって、焦点調整機構によって光軸上を

移動する本実施例のようなタイプの装置では、対物レンズ等からの反射光は、ノイズとなって受光部の検出電流に影響し、LDのパワー制御の精度を低下させる原因となる。

【0038】そこで、本実施例では、図10に示す配置でフォトディテクタ(PD)22を設け、LD20の受光部を用いずに、PD22からの検出信号を用いてLD20のパワー制御を行う。LD20から放射されたレーザー光の大部分は、ビームスプリッタ24を透過して共振部12内の対物レンズ40へ達し、他の一部はビームスプリッタ24で反射されてPD22へと導かれる。一方、対物レンズ40からの反射光は、一部はそのままビームスプリッタ24を透過してLD20へ戻り、残りの一部はビームスプリッタ24によって図10の上方へ反射される。しかし、対物レンズからの反射光が、PD22へ達することはない。すなわち、PD22は、純粋にLD20から発せられたレーザー光の一部だけを受光する。したがって、PD22の出力電流をLD20のパワー検出信号とし、これをゲイン調整部80及びパワー制御部81を介して、LD20の供給電流にフィードバックすれば、LD20のパワー制御を精度よく行うことができる。

【0039】次に、LD20の温度制御について説明する。本実施例における制御は、LD20の波長が温度によって変化的ことから、固体レーザー結晶の吸収にLD20の波長を合わせるために行うものである。この制御は、主として周知のベルチェクーラー25及び温度制御部84によって行う。ベルチェクーラー25は、電流を供給すると、その冷却面において被冷却物の熱を強制的に吸収し、放熱面においてその吸収した熱を外部へ放出する。図10に示すように、LD20は、LD用冷却板26及びLDホルダー21に密着している。ベルチェクーラー25の冷却面はLD用冷却板26に、放熱面はLD用熱伝導板30に、それぞれ密着するよう取り付けられている。これらの密着は、棒状ばね28を、上下の棒状ばね保持用コマ29によってセラミックサブベース27に固定して、LD用熱伝導板30の中央部を前方のベルチェクーラー25へ押し付けることによって、確実なものとされる。いずれも金属からなるLDホルダー21、LD用冷却板26は、相互に嵌合されて密着している。したがって、LDホルダー21とLD用冷却板26は熱的に一体であり、略一様な温度となる。

【0040】図2及び図10に示すように、LDホルダー21は、セラミックサブベース27とも接触しているが、本実施例で使用するセラミックには、後述のように、十分な断熱作用があるため、これを介する外部との熱の出入りを効果的に遮断する。LDホルダー21には、LD20の他にPD22も取り付けられている。したがって、LD20とPD22は略一様な温度となる。PD22も、温度によって特性が変化するため、上記の

ような構成でLD20の温度を制御すれば、PD22の温度も同時に制御され、特性を一定に保つことができる。また、このようにすればLD20とPD22に別々にベルチェクーラーを設ける必要がないので、経済的である。

【0041】LD用冷却板26には、図10に示すように、温度検出用のサーミスタ82が埋め込まれている。サーミスタ82の温度検出信号は、外部に引き出されたリードによってゲイン調整部83に供給され、ここでゲイン調整がなされた後、温度制御部84へ送られる。温度制御部84は、サーミスタ82からの温度検出信号に基づいて、ベルチェクーラー25への供給電流を制御する。これによって、ベルチェクーラー25の冷却面に接触しているLD用冷却板26、LDホルダー21、LD20、PD22は、一定の温度に維持される。

【0042】一方、ベルチェクーラー25の放熱面に密着しているLD用熱伝導板30は、更に、図1及び図2に示すように、基準シェル押付ばね90及びばね押付ねじ91によって、放熱シェル31に密着固定されている。放熱シェル31は、十分大きな表面積を有するため、ベルチェクーラー25によって吸収されたLD20の熱は、この放熱シェル31から外部へと放出される。したがって、温度制御部84及びベルチェクーラー25によって行われるLD20の温度制御の効率は大幅に向上し、LD20及びPD22の熱的な特性の変動を有効に防止できる。これによって、PD22によるLD20のパワー制御の精度が向上するとともに、LD20の出力波長を常に略一定に保つことができ、共振部12において共振するレーザー光のモードの変動を防止できる。

【0043】図11に示す実施例では、PD22がLD用冷却板26に取り付けられている。このため、ビームスプリッタ24からの光をPD22へ導くために、全反射ミラー85が設けられている。このように、PD22をLD用冷却板26に取り付けると、LD20とPD22の距離を近づけることができ、ベルチェクーラー25によって冷却すべき部材の体積を縮小して、熱容量を小さくできるという利点がある。このようにすると、熱的な外乱が生じた場合でも、短時間でこれに追従して所定温度に戻すことができる。このため、温度変動による誤差をより小さく抑えて、LD20のパワー制御の精度を向上させることができる。また、温度制御の精度もより向上する。

【0044】ところで、ベルチェクーラー25の使用に際しては、一般に、その放熱面に、熱伝導板をしっかりとはねじ止めすることが望ましいとされている。しかし、複数のねじで固定すると、どこかのねじが緩んだ場合に、熱伝導板が片当たりして、その反対側が浮く状態がしばしば起こり、常に密着した状態を確保するのが難しい。特に、量産を行っている場合に、個々のねじの緩みを確実に防止することは、より困難となる。また、組立

工程において、複数のねじを迅速に締めつけるのには、かなりの時間を要し、作業性の低下を招く。

【0045】しかし、本実施例のように、棒状ばね28と、これを固定する上下の棒状ばね保持用コマ29を用いれば、LD用熱伝導板30の中央だけが押圧され、これによってLD用熱伝導板30を確実にベルチェクーラー25の放熱面に密着させることができる。しかも、棒状ばね保持用コマ29をセラミックサブベース23の所定の部位に嵌め込むだけで作業が終了するので、作業効率が向上する。更に、分解が必要な場合には、棒状ばね保持用コマ29を外すだけで、容易にLD用熱伝導板30とベルチェクーラー25とを切り離すことができる。

【0046】本実施例では、図2、図10、及び図11に示すように、LD20、ビームスプリッタ24、フォトディテクタ22、ベルチェクーラー25、LD用冷却板26が、励起部11の内部に一体的に設けられ、一つのユニットを構成している。したがって、最終的に図1のようにしてレーザー装置10を組み立てる前に、この励起部11だけを作動させて、その動作を確認し、特性を調べることができる。LD20と、共振部12内のレーザー結晶43及び高調波発生素子44の不良率には、それほど大きな差はない。このため、事前にチェックを行わずに最終組立を行い、その後の不具合が発見された場合には、異常の発生箇所の特定が難しい。しかし、最終組立の前に、励起部11だけで光学系及び放熱系の動作チェックを行っておけば、後に不具合が発生しても、その箇所を特定するのは容易となる。

【0047】また、フォトディテクタ22については、それぞれの製品について較正を行う必要があるが、完全に組み立てたあとでは、LD20から発せられたレーザー光を較正用の光量測定器等によって正しく測定できないため、フォトディテクタ22についてだけ独立して特性を調べることは難しい。しかし、本実施例のように、励起部11だけで独立したユニットを構成すれば、事前にフォトディテクタ22の特性データを容易に得ることができる。

【0048】次に、共振部12の中のレーザー結晶43及び高調波発生素子44の温度制御について説明する。図12は、図1に示すレーザー結晶43、高調波発生素子44及びその周辺部分を拡大して示した概略縦断面図である。高調波発生素子44は、金属製の結晶ホルダー77内の所定の位置に固定されている。また、レーザー結晶43は、結晶ホルダー77の後端部に密着固定されている。このレーザー結晶43の固定方法については、後述する。

【0049】結晶ホルダー77の円筒部（図12の左側部分）の周囲には、対物レンズ予圧バネ75が設けられている。対物レンズ予圧バネ75は、略円筒状のキャップ76、銅製の結晶用熱伝導板100a及び100b、金属製のリング状部材101、同じくリング状の結晶用

ベルチェクラー１０２を介して、結晶ホルダー７７を先端方向（図１２の右方向）へ付勢する。これにより、結晶ホルダー７７の円盤部（図１２の右側部分）は、セラミックベース５２の曲折部後端５２ｂに押圧されて密着する。したがって、レーザー結晶４３からセラミックベース５２の曲折部後端５２ｂまでの距離は、結晶ホルダー７７によって正確に規定される。

【００５０】レーザー結晶４３は、対物レンズ４０を介してＬＤ２０からのレーザー光が直接照射されるため、そのままでは非常に高温となり、レーザー発振が停止したり、またレーザー結晶が破壊されるおそれがある。また、高調波発生素子４４も、レーザー光を若干吸収するため、レーザー作動時には温度が変化する。高調波発生素子４４にも最適な温度範囲があり、温度が変動すると、励起光の波長に対する実効光路長が変化して高調波の変換効率が低下する。このため、レーザー結晶４３及び高調波発生素子４４については、十分に冷却して、温度の変動を狭い範囲に抑える必要がある。

【００５１】ベルチェクラー１０２は、その冷却面が結晶ホルダー７７の円盤状部材の後端と接し、放熱面がリング状部材１０１と接するように配置され、冷却面が接する部材から熱を強制的に吸収し、放熱面に接する部材に対して放熱する。また、リング状部材１０１は、上下の結晶用熱伝導板１００ａ及び１００ｂの光軸に近い側にねじ止めされており、結晶用熱伝導板１００ａ及び１００ｂの先端部分は、放熱シェル３１と接続されている。したがって、レーザー結晶４３及び高調波発生素子４４において生じた熱は、結晶ホルダー７７を介してベルチェクラー１０２の冷却面において冷却される。そして、ベルチェクラー１０２の放熱面の熱は、リング状部材１０１、結晶用熱伝導板１００ａ及び１００ｂを介して放熱シェル３１へ伝わり、外気によって冷却される。

【００５２】図１３は、結晶用熱伝導板１００ａ及び１００ｂとセラミックベース５２との関係を分かり易く示した概略分解斜視図である。セラミックベース５２には、同図に示すように上下に二つの切欠部１１０ａ及び１１０ｂが設けられている。結晶用熱伝導板１００ａ及び１００ｂは、二つの切欠部１１０ａ及び１１０ｂからそれぞれ挿入され、セラミックベース５２の内部で、リング状部材１０１とねじ止めされる。このように、比較的大きな面積を有する結晶用熱伝導板１００ａ及び１００ｂを上下対称に設けることにより、ベルチェクラー１０２から放熱シェル３１への熱伝導を均一にでき、非対称な温度分布が生じることを防止できる。

【００５３】結晶ホルダー７７の中には、結晶ホルダー７７の温度を検出するためのサーミスタ１１２が埋め込まれている。サーミスタ１１２からの出力信号は、図１２に示すように、ゲイン調整部１１３を経て温度制御部１１４に供給される。温度制御部１１４は、サーミスタ

１１２の出力信号に基づいてベルチェクラー１０２に供給する電流のフィードバック制御を行う。これによって、結晶ホルダー７７に取り付けられたレーザー結晶４３及び高調波発生素子４４の温度を略一定に維持することができる。

【００５４】次に、レーザー結晶４３を、結晶ホルダー７７に固定する方法について説明する。従来から用いられている方法の一つは、図１４に示すように、レーザー結晶４３を接着材１３０を介して結晶ホルダー７７の端面に接着するというものである。この場合、接着材としては、ある程度の熱伝導率を有する、市販の銀ペースト等が使われる。銀ペーストは、塗布する前は溶剤に溶けており、塗布すると溶剤が揮発し、表面が乾燥して被接着物を接合する。

【００５５】しかし、レーザー結晶４３を接着材で直接接着する場合には、次のような問題がある。一つは、銀ペーストは熱伝導率がある程度高いとはいえ、金属ほどには高くはない。また、銀ペーストを直接レーザー結晶４３に塗布する場合は、銀ペーストが光の経路を塞ぐことのないよう、レーザー結晶の周囲に手作業で均等に塗布する必要があるため、作業には熟練を要し、作業効率が低下する。更に、銀ペーストの溶剤は、流れ出し易いため、乾燥の過程でレーザー結晶の中心部分へ溶剤が流れ出して、レーザー結晶を汚染することがある。

【００５６】そこで、本実施例では、図１５に示すように、レーザー結晶４３を結晶ホルダー７７に直接接着する代わりに、銅製のキャップ１３１を用いる。すなわち、キャップ１３１を結晶ホルダー７７の左側の円筒部に被せ、これらの間にレーザー結晶４３を挟んで、キャップ１３１の端部を結晶ホルダー７７の円筒部の周囲に銀ペースト１３０などで接着する。この場合、キャップ１３１と結晶ホルダー７７との接着には、それほど慎重さは要求されないため作業は容易であり、また、溶剤がレーザー結晶４３の部分まで流れ出すという心配もない。更に、キャップ１３１は金属であるため、熱伝導率が高く、高温となったレーザー結晶４３の熱を、結晶ホルダー７７へ伝え易い。その結果、レーザー結晶４３の寿命が長くなるという利点がある。キャップ１３１の材質としては、アルミニウム等を使用することもできる。

【００５７】次に、セラミックベース５２の材質について説明する。共振部１２において、高調波が適正に共振しつづけるためには、レーザー結晶４３から出力ミラー４５までの距離が変動せずに一定に保たなければならない。図１２から分かるように、レーザー結晶４３から出力ミラー４５までの距離を規定するのは、主として結晶ホルダー７７とセラミックベース５２である。このうち、発熱する素子を内部に含む結晶ホルダー７７については、前述のように強制的に冷却するので常に一定温度に保たれ、光軸方向の長さの温度変化による変動は考慮する必要はない。一方、セラミックベース５２について

は、発熱するものに直接接触しないこと、構成が複雑になること、小型化の妨げとなること等から、本実施例では特に冷却手段を設けていない。

【0058】しかしながら、セラミックベース52も、その一部が共振器を構成するため、熱膨張係数の小さい材質を用いて、少しでも温度の変化による寸法の変動を抑えることが望ましい。その一方で、セラミックベース52には、図12からも分かるように、種々の機械的な加工を施す必要がある。そこで、本発明者は、熱膨張係数が小さいこと、加工がし易いこと、断熱性に優れていること、及び低コストであることを条件として、種々の材料を検討した結果、上記の条件に合致するいくつかの材料を見いだした。

【0059】すなわち、46%の Al_2O_3 、及び45%の TiO_2 を含有するセラミック、65%の SiO_2 と25%の CaO と10%の Al_2O_3 、からなるセラミック、49%の SiO_2 、43%の Al_2O_3 、6%の MgO を含有するセラミック、 AlN と BN の複合体からなるセラミック、96%の BN からなるセラミックである。これらのセラミックの熱膨張係数は、一般に、金属の二分の一乃至三分の一程度であり、温度が上昇した場合の寸法の伸びは非常に小さい。このため、これらを用いてセラミックベース52を形成することによって、モードホッピングによる発振波長の変動は起こりにくくなり、出力モードは安定する。

【0060】また、図12に示すように、セラミックベース52の先端部には、 SUS 材からなる蓋部材66がねじで固定され、この蓋部材66に接するように、同じく SUS 材からなるミラーヨーイング調整カム50が設けられている。そして、出力ミラーホルダー46に設けられたミラーヨーイング調整カムフォロア48は、前述のように出力ミラー予圧ばね65によって、このミラーヨーイング調整カム50のカム面50aに押し当てられている。したがって、温度が上昇して、ミラーヨーイング調整カム50の光軸方向の寸法は多少伸びるが、ミラーヨーイング調整カム50はセラミックベース52先端を基準として、セラミックベースの伸びる方向とは反対の方向へ伸びる。このため、温度が上昇してセラミックベース52の寸法が多少伸びたとしても、ミラーヨーイング調整カム50の伸びが、これを打ち消すように作用する。温度が低下して、各部材の寸法が縮む場合には、同様に、寸法の変動を打ち消すよう作用する。

【0061】セラミックは熱膨張係数が小さいとはいえず、完全にゼロではないため、温度が変動した場合にセラミックベース52の寸法の変動を完全に抑えることは困難である。そこで、図16に示すように、セラミックベース52の代わりに、結晶ホルダー77と一体のベース部材120を設け、これを熱伝導率の高い銅などの金属で形成することもできる。その場合には、ベース部材120の周囲に断熱材121を設けて、外部との熱の出

入りを遮断する。このようにすると、結晶ホルダー77とベース部材120は、サーミスタ112及びベルチェクーラー102によって温度制御がなされ、したがって、レーザー結晶43と出力ミラー45との距離の温度変動は防止され、一定に保たれる。

【0062】尚、本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々の変更が可能である。

【0063】

10 【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明によれば、レーザーダイオードが発したレーザー光を、光学手段によって光検出手段へ導き、その出力を用いてレーザーダイオードへの供給電流を制御するので、レーザーダイオードから発せられるレーザー光の出力は略一定に保たれ、したがって、これを受けて励起されるレーザー結晶は、安定してレーザー光を発する。

20 【0064】請求項2記載の発明によれば、光学手段として、又は光学手段の一部として、ハーフミラーを用いることにより、ハーフミラーを通過して前方へ達した光の反射光が光検出手段に達することがなくなるため、レーザーダイオードへの供給電流の制御の精度が向上し、したがって、これを受けて励起されるレーザー結晶は、より安定してレーザー光を発する。

【0065】請求項3記載の発明によれば、レーザーダイオードは、作動状態で発熱する冷却手段を冷却して高温になるのを防止するので、レーザー光の出力及び波長の変動を抑えることができ、しかも、この冷却手段への供給電流も制御するので、より高い精度で温度を一定に保つことができる。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるレーザー装置の全体構成を示す一部切り欠き斜視図である。

【図2】図1の励起部を拡大して示した一部切り欠き斜視図である。

【図3】図1の共振部を拡大して示した一部切り欠き斜視図である。

【図4】図1の出力ミラーホルダーと、このホルダーに設けられているミラービッチング調整カムフォロア及びミラーヨーイング調整カムフォロアを示した斜視図、及び図1の出力ミラーホルダーに対応して規定した光軸及びこれに垂直な二つの軸の関係を示す図である。

【図5】共振部の概略水平断面図である。

【図6】出力ミラーホルダーの部分を光軸前方から見た概略図である。

【図7】対物レンズ及び対物レンズホルダーの部分を光軸方向前方から見た図である。

【図8】セラミックベースの周囲に設けられた円筒状の対物レンズ調整カムの側面図、及び対物レンズ調整カムを転回した状態を示す展開図である。

50 【図9】活性炭フィルターの装着方法を示した分解図で

* 4 4 高調波発生素子

4.5 出力ミラー

4.6 出力ミラーホルダー

47 ミラーピッチング調整カムフォロア

48 ミラーヨーイング調整カムフォロア

49 ミラーピッチング調整カム

50 ミラーヨーイング調整カム

5.1 赤外フィルタ

52 セラミックベース

61~64 カムフォロアガイド溝

6.5 出力予圧ばね

66 蓋部材

70 a~70 c 切り込み

71a~70c 片持ばね

72 a~72 c 凸部

73 a~73 c 対物レンズ調整カムフォロア

74a~74c カムフォロアガイド溝

75 対物レンズ予圧ばね

76、78 キヤップ

20 77 結晶ホルダー

80、83、113 ゲイン調整部

81 パワー制御部

82. 112 サーミスタ

84. 114 温度制御部

8.5 全反射ミラー

90 基準シェル押付ばね

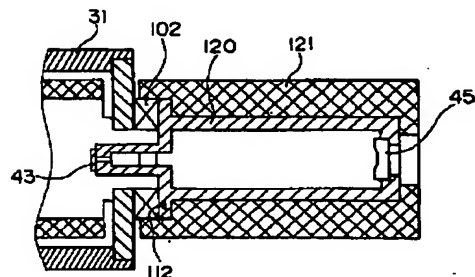
91 ばね押付ねじ

100a、100b 結晶用熱伝導板

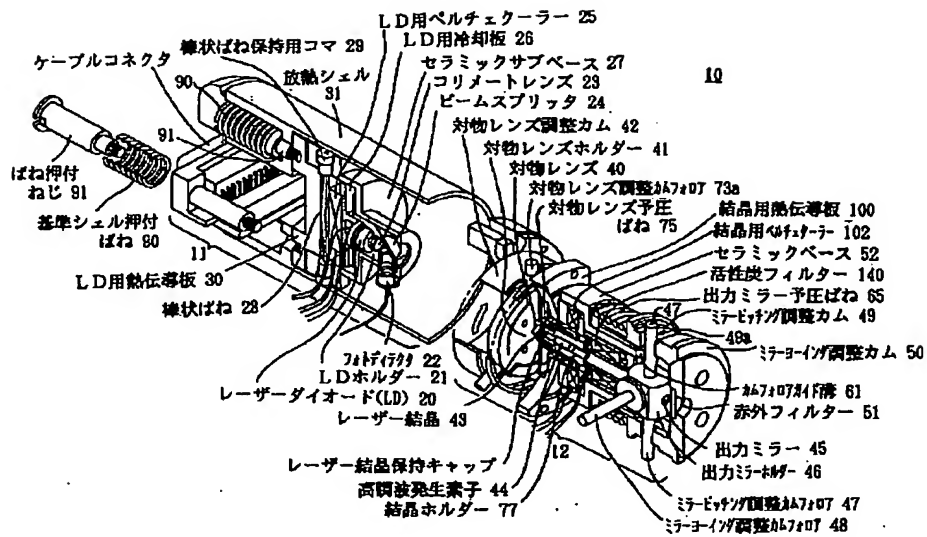
101 熱伝導板

* 142 蓋部材

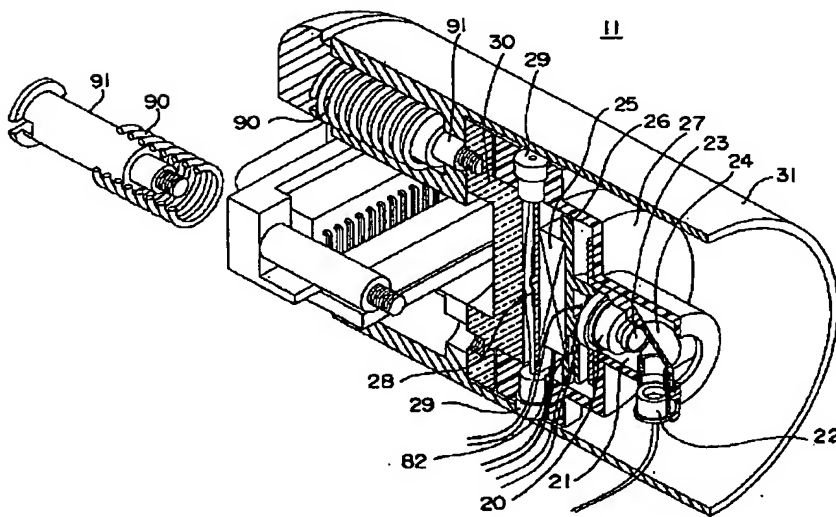
【图 16】



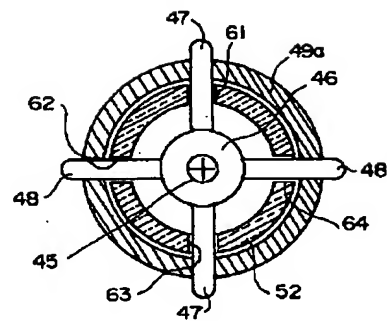
【図1】



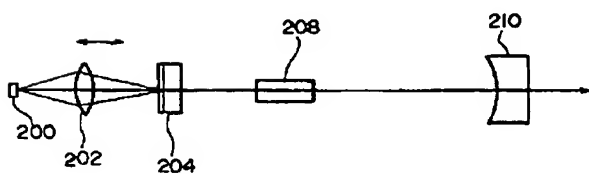
【図2】



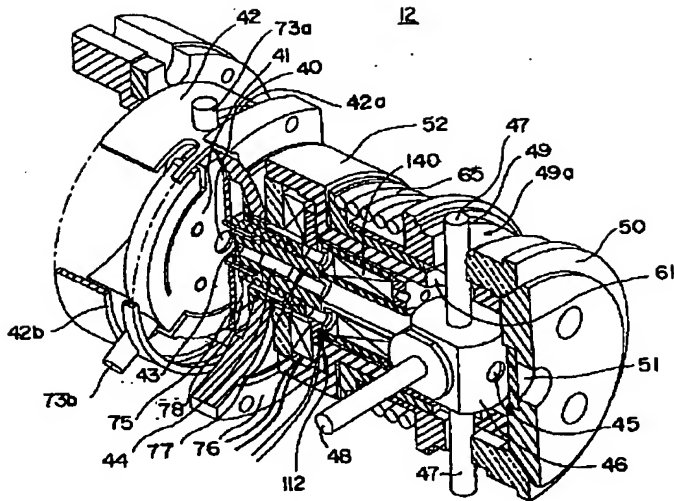
【図6】



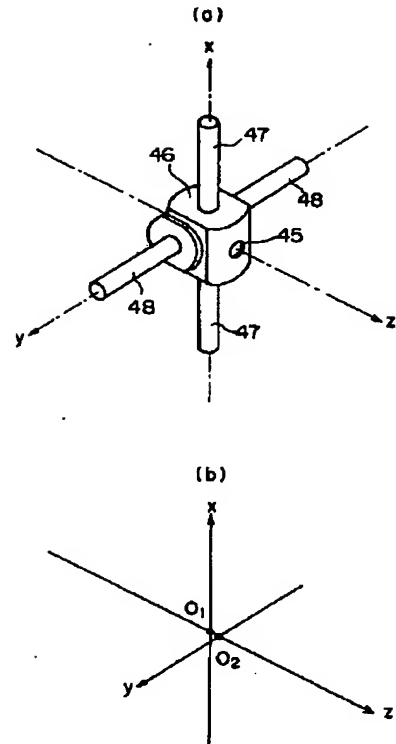
【図17】



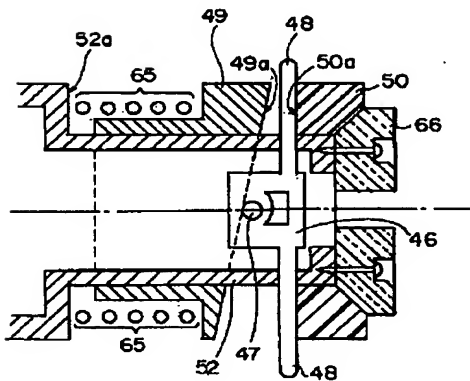
【図3】



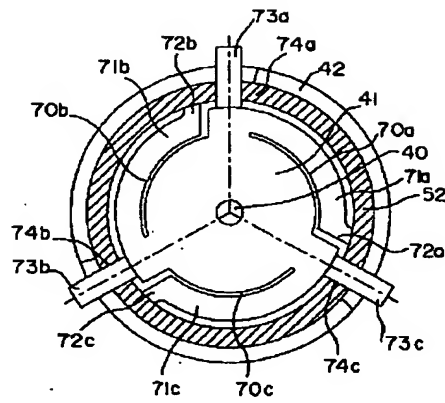
【図4】



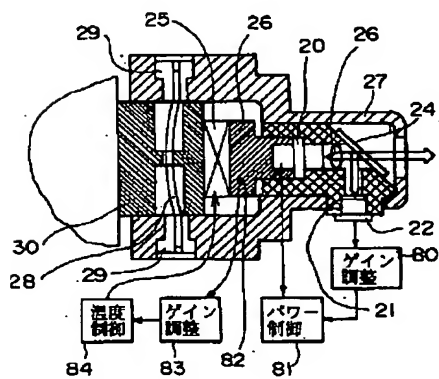
【図5】



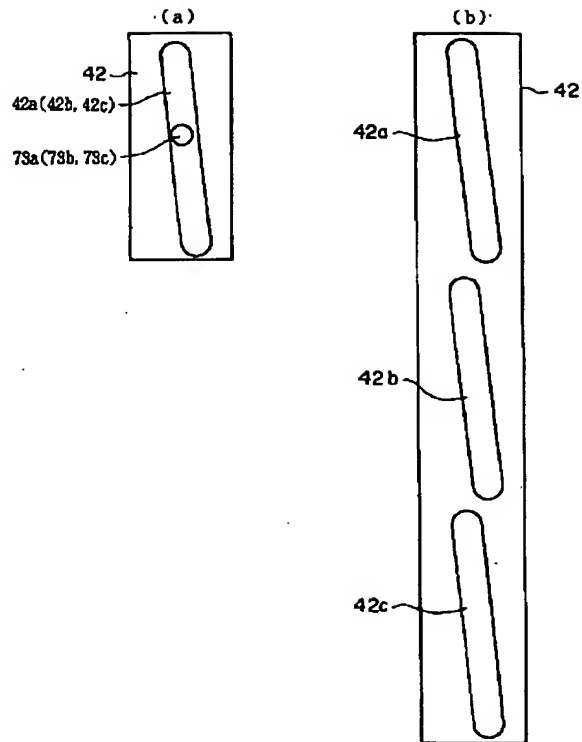
【図7】



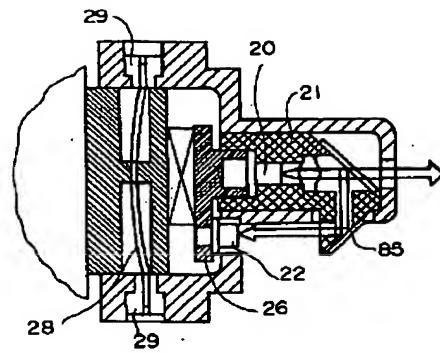
【図10】



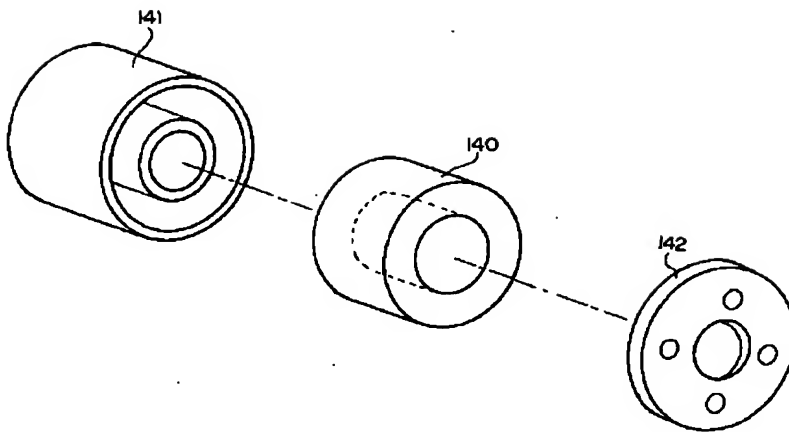
【図 8】



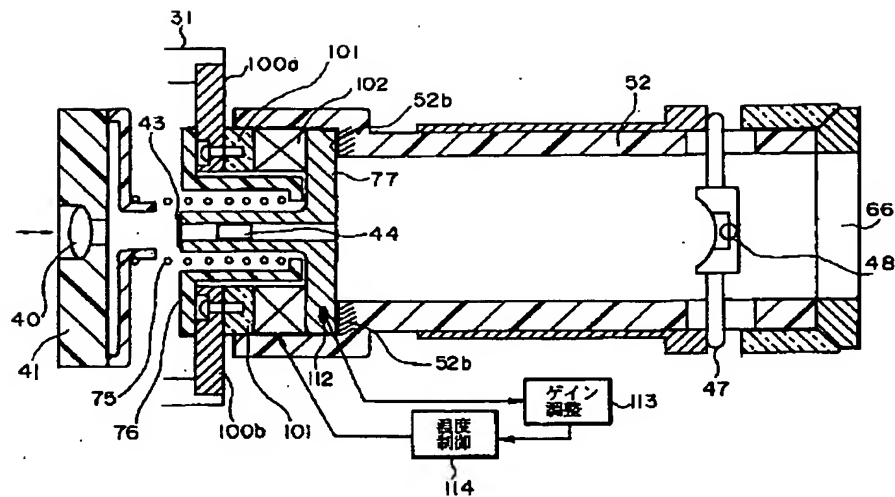
【図 11】



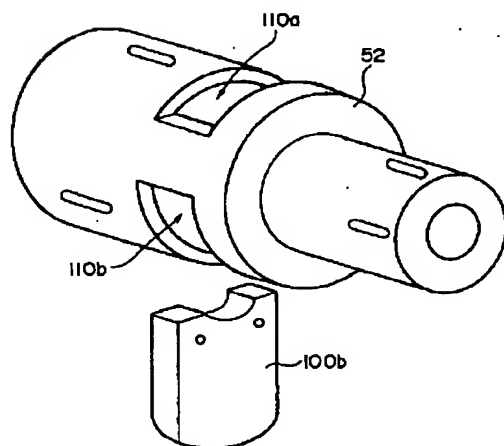
【図 9】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/094

3/109

識別記号

片内整理番号

F 1

技術表示箇所

(72)発明者 福山 龍治

東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号 新
日本製鐵株式会社内

(72)発明者 斎藤 吉正

東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号 新
日本製鐵株式会社内